

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Januar 2003 (30.01.2003)

PCT

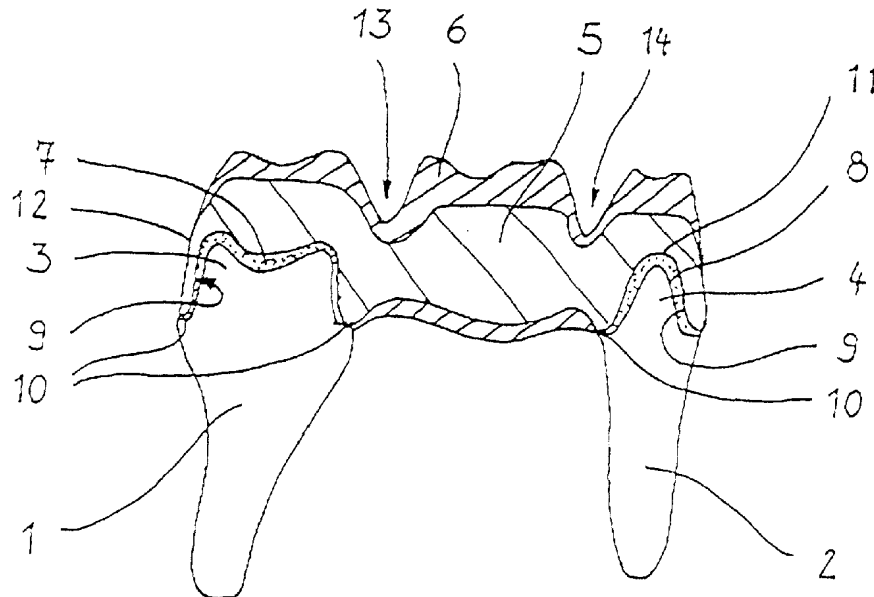
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/007834 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **A61C 13/00**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/07282
- (22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2002 (02.07.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 33 569.5 13. Juli 2001 (13.07.2001) DE
101 45 104.0 13. September 2001 (13.09.2001) DE
101 53 649.6 2. November 2001 (02.11.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEGUSSA DENTAL GMBH** [DE/DE]; Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WOLF, Dietrich** [DE/DE]; Ruhrstrasse 35, 63452 Hanau (DE). **FECHER, Stefan** [DE/DE]; Sattelhecke 8, 63867 Johannesburg (DE). **PEST, Andrea** [DE/DE]; Tulpenweg 18, 63814 Mainaschaff (DE). **VÖLKL, Lothar** [DE/DE]; An den Ziegeleien 18, 63773 Goldbach (DE).
- (74) Anwalt: **STOFFREGEN, Hans-Herbert**; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRODUCTION OF REPLACEMENT TEETH FROM A THREE-DimensionALLY DETERMINED AND DIGITISED POSITIVE MODEL

(54) Bezeichnung: HERSTELLUNG VON ZAHNERSATZ AUS EINEM DREIDIMENSIONAL VERMESSENEN UND DIGITALISIERTEN POSITIVMODELL



(57) Abstract: The invention relates to a method for the production of replacement teeth (5) from a three-dimensionally determined and digitised model, whereby for improved handling, cost and quality of the thus produced replacement tooth (5) a method comprising the following steps is disclosed: inputting the data for the digitised model, treating the inner surface (9) of the surface model with a given offset value to generate a cement gap (7, 8) between the tooth replacement (5) to be and tooth stump (1, 2) and calculation of a programme for machining the blank or a mould by means of a machine tool.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/007834 A1



CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz (5) aus einem dreidimensional vermessenen und digitalisierten Modell wird zur Verbesserung der Handhabung, der Wirtschaftlichkeit und der Qualität des damit erstellten Zahnersatzes (5) ein Verfahren vorgeschlagen, das folgende Schritte umfasst: Einlesen der Daten des digitalisierten Modells; Beaufschlagen der Innenfläche (9) des Oberflächenmodells mit einem vorgegebenen Offsetwert zur Bildung eines Zementspaltes (7, 8) zwischen späterem Zahnersatz (5) und Zahnstumpf (1, 2); und Berechnung eines Programms für eine Bearbeitung des Rohlings oder einer Form durch eine Werkzeugmaschine.

BeschreibungHerstellung von Zahnersatz aus einem dreidimensional vermessenen und digitalisierten Positivmodell

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von auf einem Zahnstumpf zu befestigenden Zahnersatz aus einem dreidimensional vermessenen und digitalisierten Positivmodell, das folgende Schritte umfasst:

- Einlesen der Daten des digitalisierten Positivmodells;
- Beaufschlagen der Innenfläche des Positivmodells mit einem vorgegebenen Offsetwert zur Bildung eines Spaltes zwischen späterem Zahnersatz und Zahnstumpf und
- Berechnung eines Programms für eine Bearbeitung eines Rohlings durch eine Werkzeugmaschine zur Herstellung des Zahnersatzes.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf das Gebiet der Herstellung von Grundgerüsten für Zahnersatz, insbesondere für Zahnkronen und/oder Zahnbrücken zur Befestigung auf vorbereiteten natürlichen und/oder künstlichen Zahnstümpfen oder dergleichen.

Es sind eine Anzahl von Vorrichtungen und Verfahren zur Herstellung von künstlichen Zahnbrücken und Zahnkronen bekannt. Im Allgemeinen wird nach der zahnärztlichen Präparation, bei der die zur Verankerung dienenden Zähne zur Aufnahme einer Zahnkrone oder Zahnbrücke durch Beschleifen vorbereitet oder z.B. ein Stift implantiert wird, ein Abdruck des Zahnstumpfes, der Zahnumgebung und des Kiefers angefertigt. Dies erfolgt üblicherweise mit Silicon-Vergussmassen, es sind aber auch andere Materialien bekannt.

Aus dem Abdruck kann über eine Gipsabformung ein sogenanntes Meistermodell hergestellt werden. Dieses Meistermodell zeigt die Situation im Mund des Patienten positiv. In diesem Meistermodell modelliert der Zahntechniker mit seinen handwerklichen Fähigkeiten ein Modell des Grundgerüstes des Zahnersatzes aus Wachs

oder aus bei niedriger Temperatur schmelzendem bzw. polymerisierend aushärtendem Kunststoff (Positivmodell). Hierbei kann der Zahntechniker über das vorhandene Meistermodell auch den Gegenbiss des anderen Kiefers berücksichtigen.

Traditionell wird das von dem Zahntechniker erstellte Modell in feuerfesten Massen eingebettet und ausgeschmolzen. In der so entstandenen Gussform kann das Grundgerüst in den üblichen metallischen Dentallegierungen durch Feinguss erstellt werden.

Üblicherweise erfolgt aus kosmetischen Gründen zumindest im Frontzahnbereich noch eine Verblendung in Keramik oder Kunststoff.

Aus WO 99/47065 ist bekannt, im Anschluss an die Bildung eines Wachsmodells die äußere und innere Oberfläche des Gerüstmodells vollständig zu digitalisieren. Ein die Situation im Patientenmund unvollständig wiedergebendes Modell wird danach bezüglich der dreidimensionalen äußeren und inneren Oberfläche rechentechnisch ergänzt. Das Ergebnis der Digitalisierung und einer rechentechnischen Ergänzung soll eine digitale Beschreibung der kompletten Oberfläche des Prothesengrundgerüsts darstellen.

Um mit den aus der Digitalisierung des Wachsmodells gewonnenen Daten einen Rohling aus poröser Keramik bearbeiten zu können, wird in der WO 99/47065 ausführlich beschrieben, dass die Dimensionen des Oberflächenmodells des digitalisierten Körpers zur Kompensation der Schrumpfung des Rohlings beim Sintern in allen Raumrichtungen linear vergrößert werden. Dabei soll sich der Vergrößerungsfaktor f nach einer bestimmten Funktion nach dem Verhältnis der Raumgewichte des Rohlings und eines daraus hergestellten Brückengrundgerüsts ergeben.

Aus den Daten der vergrößerten Oberfläche sollen die Steuerbefehle für eine Bearbeitungsmaschine generiert werden, mit denen das vergrößerte Brückengrundgerüst aus dem Rohling herausgearbeitet werden soll. Gegenüber der rechnerisch vergrößerten Oberfläche des Brückengrundgerüsts wird kein Aufmaß vorgesehen, wobei die bearbeitete Fläche gegenüber dem digitalisierten Körper nach der Sinterschrumpfung

exakt die gleichen Masse erreichen soll. Weiter soll auch keine Nachbearbeitung erfolgen.

In der WO 99/47065 wird zudem vorgeschlagen, für die Herstellung des Brückengrundgerüsts einen Rohling zu verwenden, bei dem auf dem Rohling selbst oder seiner Verpackung, einem Anhängetikett oder einem Beipackzettel ein maschinell oder visuell erfassbarer Identifikationscode mit angebracht ist, der den Vergrößerungsfaktor f enthält.

Das Wachsmoell des Brückengrundgerüsts soll im Positiv auf einem Gipsabdruck der über eine Silikonmasse hergestellten Negativform der präparierten Zahnstümpfe erzeugt werden, wobei die Zahnstümpfe zuvor von Hand mit einem Distanzlack bestrichen werden sollen, um später einen Zementspalt zu bilden.

Die Digitalisierung kann mechanisch oder optisch erfolgen. Hierzu wird auf Verfahren zur Digitalisierung im Mund eines Patienten auf einem präparierten Zahnstumpf oder an einem Modell verwiesen, die beispielsweise hinsichtlich einer mechanischen Digitalisierung aus US 4,182,312 und hinsichtlich einer optischen Digitalisierung aus EP 0 054 785 A1 bekannt sind.

Der wesentliche Nachteil des aus US 4,182,312 bekannten mechanischen Digitalisierens liegt in der Fixierung des mechanischen Abtastgerätes am Patienten, da die Abtastung direkt in der Mundhöhle des Patienten erfolgen soll. Entsprechend problematisch ist die sichere Handhabung des Gerätes in der engen Mundhöhle. Mit der Abtastung von Zähnen und umliegendem Gewebe soll wie bei einer Kopierfräsmaschine direkt eine Bearbeitungsmaschine zur Herstellung von Zahnprothesen gesteuert werden.

Hierzu muss eine Sonde mit einem daran fest fixierten Übertragungsgestänge vom Zahnarzt über die interessierenden Oberflächen im Mund des Patienten bewegt werden. Eine vollständige Erfassung der Fläche erfordert sehr viele Abtastbewegungen, was aufgrund des Zeitbedarfes für den Patienten stark belastend ist. Weiterhin müssen die Sondenspitzen je nach Form des Bearbeitungswerkzeuges gewechselt werden.

Bei dem in EP 0 054 785 A1 beschriebenen Verfahren soll ein Bildaufnahmekopf in den Mund eines Patienten eingebracht werden. Dieser Bildaufnahmekopf soll ein dreidimensionales Bild einer Zahnkavität oder dergleichen erfassen. Die Bilddaten sollen dazu auf einen Computerbildschirm ausgegeben werden, so dass ein Zahnarzt überprüfen kann, ob die Positionierung des Bildaufnahmekopfes eine hinreichend genaue Abbildung ermöglicht. Gegebenenfalls kann die günstigere Positionierung des Bildaufnahmekopfes entsprechend verändert werden.

Wenn eine als zutreffend befundene Stellung erreicht worden ist, soll – ohne nähere Erläuterung – ein dreidimensionales Abbild der Zahnkavität oder dergleichen räumlich dimensionsgetreu gebildet werden. Die entsprechenden Daten sollen dann durch Interpolation und manuelle Bearbeitung des Datensatzes nach Art einer CAD-Konstruktion ergänzt werden, bis ein entsprechender Zahnersatzkörper fertig modelliert ist. Die entsprechenden Daten sollen dann direkt zur Bearbeitung eines geeigneten Rohlings verwendet werden, um unter Umgehung der eingangs beschriebenen handwerklichen Fertigungsschritte direkt aus der Bilddarstellung eine passende Zahnprothese herzustellen.

In der Praxis als nachteilig hat sich auch bei diesem Verfahren das umständliche Hantieren im Mund des Patienten mit der Kamera herausgestellt, insbesondere erfordert dies große Disziplin beim Patienten.

Weiterhin ist es, wie in der genannten Schrift beschrieben, erforderlich, den Zahn, der vermessen werden soll, mit einem Pulver zu beschichten, um definierte Reflektionsverhältnisse zu erhalten, da das natürliche Zahnmaterial transluzente Eigenschaften besitzt. Aufgrund der transluzenten Eigenschaften kann sonst Licht teilweise unkontrolliert in den zu vermessenden Zahnstumpf eindringen und unter Umständen in tieferen Schichten reflektiert werden, was zu einem fehlerhaften Ergebnis führen würde. Die Beschichtung mit einem Reflektionspulver erhöht aber gleichzeitig die Ungenauigkeit durch das Auftragen des Pulvers, das naturgemäß und aufgrund der beengten Verhältnisse im Patientenmund in der Praxis stets ungleichmäßig sein wird. Weiterhin nachteilig sind das begrenzte Auflösungsvermögen der Bildaufnehmer und die schwierigen Beleuchtungsverhältnisse in dem zu vermessenden Mund.

Aus der DE 196 42 247 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Zahnersatzteils bekannt, nach dem ein präparierter Zahn digitalisiert wird, um sodann unter Berücksichtigung von digitalisierten Modellzähnen einen Zahnersatz herzustellen. Um einen Zahnersatz herzustellen, erfolgt nach der WO 94/27523 das Ausmessen eines Zahnes, eines präparierten Teils eines Zahnes, eines Zahnabdruckes oder einer Kopie des Zahnes. Zum Ausmessen gelangt das Triangulationsverfahren zur Anwendung.

Ein pulvermetallurgisches Herstellungsverfahren für formgenauen Zahnersatz ist aus der EP 0 774 933 B1 bekannt. Dabei erfolgt ein dreidimensionales optisches oder mechanisches Lesen des präparierten Zahnes direkt im Mund oder an einem Gipsmodell. Bei der Herstellung des Zahnersatzes wird die Zementschicht mit berücksichtigt, über die der Zahnersatz mit dem präparierten Zahn verbunden wird.

Unabhängig von der Art der Herstellung des Zahnersatzes wird aus ästhetischen Gründen darauf geachtet, dass dieser so grazil wie möglich gestaltet wird. Auch wird erfahrungsgemäß die Gestaltung des zahntechnischen Modells in erster Linie nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgen, um genügend Platz für die spätere Verblendung zu haben. Dadurch wird die Notwendigkeit einer ausreichenden mechanischen Konstruktion vernachlässigt und damit die Lebensdauer des danach hergestellten Zahnersatzes nachteilig beeinflusst.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass ein solcher Zahnersatz eine hinreichende Festigkeit zur Erzielung einer hohen Lebensdauer aufweist, wobei gleichzeitig sichergestellt werden soll, dass der Zahnersatz hinreichend ästhetisch wirkt und dem Aussehen eines natürlichen Zahnes entspricht. Auch soll hinsichtlich der Handhabung, der Wirtschaftlichkeit und der Qualität des damit erstellten Zahnersatzes ein verbessertes Verfahren bereitgestellt werden.

Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen dadurch gelöst, dass als Material für den Zahnersatz ein solches verwendet wird, dass bei üblicher Benutzung des

Zahnersatzes maximal auftretende Zugspannung in etwa 0,1 – 0,7-faches der Zugfestigkeit des verwendeten Materials entspricht.

Insbesondere sollte die maximal auftretende Zugspannung in dem Zahnersatz $\leq 0,5$ -faches, insbesondere 0,2 – 0,5-faches der Zugfestigkeit des verwendeten Materials entsprechen.

Durch die erfindungsgemäße Lehre erfolgt eine Auslegung des Zahnersatzes in seiner Dimensionierung hinsichtlich der Belastung durch Zugspannungen, sei es zum Beispiel in der Wandstärke, sei es zum Beispiel im Materialquerschnitt oder den Verbindungsradien bei Brückengliedern im Bereich zwischen durch Zahnstümpfe gebildeten Pfeilern. Hierdurch ist sichergestellt, dass der Zahnersatz die erforderliche Festigkeit aufweist, ohne Einbußen in seiner Ästhetik hinnehmen zu müssen. Mit anderen Worten kann weiterhin ein graziles Äußeres gegeben sein, ohne dass die Gefahr eines Zerstörens bei üblicher Belastung des Zahnersatzes erfolgt. Dabei wird der Zahnersatz in Bezug auf die besonders stark belasteten Bereiche in seiner Dimensionierung auf die Zugfestigkeit des verwendeten Materials angelegt. Wird zum Beispiel Al_2O_3 als Keramikmaterial für Zahnersatz benutzt, so beträgt die Zugfestigkeit des Materials 350 N/mm^2 , so dass im am stärksten belasteten Bereich eine maximale Zugspannung zwischen 35 und 245 N/mm^2 , insbesondere in etwa 175 N/mm^2 auftreten darf. Bei Brücken tritt diese maximale Zugspannung im Übergangsbereich zwischen den Brückengliedern und den durch Zahnstümpfe gebildeten Pfeilern auf. Wird als Keramikmaterial Y_2O_3 -stabilisiertes ZrO_2 verwendet, das eine Zugfestigkeit von 650 N/mm^2 aufweist, so müssten dementsprechend die Dimensionierungen des Zahnersatzes derart ausgelegt werden, dass in dem am stärksten belasteten Bereich eine maximale Zugspannung zwischen 65 und 455 N/mm^2 , insbesondere $\leq 325 \text{ N/mm}^2$ auftritt.

Ferner sollte der Offsetwert achsenabhängig vorgegeben werden.

Durch die erfindungsgemäße Lehre kann des Weiteren ein zuverlässiger und präziser Spalt zur Aufnahme von Zement oder anderen Bindemitteln für die Befestigung des Zahnersatzes auf dem präparierten Zahnstumpf mit gewünschtem Verlauf der Spaltweiten erhalten werden. Damit kann das Risiko bekannter Verfahren

ausgeschlossen werden, das in der Handauftragung von Distanzlack hinsichtlich Einhaltung der optimalen Dicke, Gleichmäßigkeit und Reproduzierbarkeit des Auftrags entsteht. Insbesondere ist aufgrund der achsenabhängigen Ausbildung des Spaltes sichergestellt, dass eine optimale Passung des Zahnersatzes auf den Zahnstumpf und deren Verbindung untereinander ermöglicht wird.

Für alle gängigen Befestigungstechniken einer Krone oder einer Brücke auf einem Zahnstumpf ist es vorteilhaft, wenn der Offsetwert bis zu 150 µm beträgt.

Geringste Spaltmaße im Bereich der Grenzfläche von Zahnersatz und Zahnstumpf und damit eine besonders gute Resistenz gegen späteren Kariesbefall lässt sich erhalten, wenn der Spalt von einem kleinen Wert am Rand der durch die Innenfläche des Positivmodells definierten Kavität zu einem größeren Wert in der Spitze der Kavität unterschiedlich ist, insbesondere, wenn der Spalt am Rand der Kavität kleiner als 5 µm, vorzugsweise kleiner als 2,8 µm ist, besonders vorzugsweise nicht mehr als 1,5 µm beträgt.

Auch ohne Bedienereingriff ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders sicher, wenn es ferner gekennzeichnet ist durch folgenden Schritt: Durchführen einer Plausibilitätsprüfung der Daten anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells und gegebenenfalls Ausgabe einer Warnung.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Verfahren ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Ersatz, vorzugsweise einzelner, fehlender Datenpunkte oder von nicht plausiblen Datenpunkten durch interpolierte Werte anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells und Glätten der äußeren und/oder inneren Oberfläche der Daten des Positivmodells mittels einer Glättungsfunktion.

Um eine Bildung von Hohlräumen zwischen Zahnersatz und Zahnstumpf zu vermeiden, von dem aus in der Regel ein weiterer Kariesbefall des Zahnstumpfes und damit in der Regel eine Zerstörung des Pfeilerzahnes einer Brücke zu erwarten ist, ist das Verfahren vorteilhaft ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Durchführen einer Prüfung

der Daten der Innenfläche des Positivmodells auf Hinterschnitte anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells und gegebenenfalls Ausgabe einer Warnung.

Für eine besonders hohe Sicherheit gegen Bruch des Zahnersatzes bei späterer Benutzung durch den Patienten ist das Verfahren ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Berechnen der Wandstärke des Positivmodells durch Vergleichen der Daten der Innenfläche des Positivmodells mit den Daten der Außenfläche des Positivmodells und Vergleichen des Wertes der Wandstärke mit einem Wandstärkenmindestwert, Korrektur der Daten der Außenseite des Positivmodells so, dass zumindest der Wandstärkenmindestwert erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung, insbesondere, wenn der Wandstärkenmindestwert zumindest etwa 0,5 mm, vorzugsweise etwa 0,1 mm, insbesondere zumindest etwa 0,3 mm beträgt.

Zur Sicherstellung einer günstigen Ausgestaltung des Zahnersatzes ist es auch vorteilhaft, wenn durch Vergleichen der Radien der Außen- und/oder Innenflächen des Positivmodells mit einem Mindestradius von zumindest etwa 0,1 mm, vorzugsweise etwa 0,2 mm, insbesondere 0,3 mm und Korrektur der Daten der Außen- und/oder Innenfläche des Positivmodells sichergestellt wird, dass zumindest der Mindestradius erhalten wird und/oder die Ausgabe einer Warnung erfolgt.

Für die Erstellung besonders stabiler und dauerhafter Brücken ist das Verfahren ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Berechnen des Materialquerschnittes bei Brückengliedern im Bereich zwischen zwei durch Zahnstümpfe gebildeten Pfeilern, Vergleichen des Querschnittes mit einem Mindestwert, Korrektur der Daten der Außenseite des Positivmodells so, dass zumindest der Mindestwert erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung, insbesondere, wenn der Mindestwert zumindest etwa 2 mm^2 , vorzugsweise etwa 5 mm^2 , insbesondere zumindest etwa 7 mm^2 beträgt.

Zur Vermeidung einer zu engen Kavität des Zahnersatzes bei Spitzpräparation des Zahnstumpfes, die keine für übliche Fräser ausreichende Verrundung aufweist, ist das Verfahren ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Berechnen der Radien der Innenfläche des Positivmodells Vergleichen der Werte der Radien mit einem Mindestradius, Korrektur der Daten der Innenfläche des Positivmodells so, dass die

Kavität so weit vergrößert ist, dass zumindest der Mindestradius erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung.

Je nach Ansteuerung der zu verwendenden Werkzeugmaschine kann es zweckmäßig sein, dass das Verfahren, ferner gekennzeichnet ist durch folgenden Schritt: Beaufschlagen des Positivmodells mit einem vorgegebenen Offsetwert zur Anpassung an die Werkzeugkontur bei der nachfolgenden Bearbeitung.

Für die Herstellung von Zahnersatz aus Rohlingen, die nach der maschinellen Bearbeitung bei der Fertigstellung einer Dimensionsänderung unterliegen, z.B. nicht oder vorgesinterte Keramikrohlinge, die nach der formgebenden Bearbeitung noch fertiggesintert werden müssen und dabei schrumpfen, ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Beaufschlagen der Daten des Positivmodells mit einem Vergrößerungsfaktor zur Kompensation von Schrumpfung oder Quellung des Materials für einen Zahnersatz bei der Fertigung, insbesondere für eine gute Passform, wenn der Vergrößerungsfaktor nichtlinear und/oder anisotrop ist.

Besonders genau passender Zahnersatz kann dabei insbesondere bei real anisotropen oder inhomogenen Rohlingen erhalten werden, wenn der Vergrößerungsfaktor durch eine dreidimensionale Transferfunktion $f(x,y,z)$ bestimmt ist, wobei die dreidimensionale Transferfunktion $f(x,y,z)$ zweckmäßig bestimmt wird durch die dreidimensionale Dichteverteilung $F(x,y,z)$ des Keramikrohlings.

Für die weitgehend automatisierte Erstellung ist das Verfahren dabei weiter vorteilhaft gekennzeichnet durch Einlesen der einem zu bearbeitenden Rohling zugeordneten Transferfunktion $f(x,y,z)$ oder Dichteverteilung $F(x,y,z)$ von einem Datenträger, insbesondere, wenn der Datenträger ein Barcodeetikett, ein über ein Lesegerät auslesbares Transponderetikett oder eine Datenbank ist, auf die über ein an oder bei dem Rohling angebrachten Identifikationsmittel zugegriffen werden kann.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in

Kombination -, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch zwei Zahnstümpfe mit Zahnersatz in Form einer Brücke.

Die Figur 1 zeigt zwei präparierte Zahnstümpfe 1 und 2, die in ihren oberen Bereichen 3 und 4 zur Aufnahme eines Zahnersatzes beschliffen sind. Der Zahnersatz umfasst hier ein Brückengrundgerüst 5, das zusätzlich in herkömmlicher Weise zur Herstellung der Sicht- und Kauflächen mit einer Verblendung 6 versehen ist. Das Brückengrundgerüst 5 ist auf den Zahnstümpfen 1, 2 jeweils mittels einer Schicht eines Dentalzementes in den Zementspalten 7 und 8 befestigt.

Insbesondere die Spalte 7, 8 wie Zementspalte sind aus Gründen der Übersichtlichkeit völlig unmaßstäblich dargestellt.

Um den Zahnersatz, d.h. im Ausführungsbeispiel das Brückengrundgerüst 5 mit der Verblendung 6 mit den gewünschten Spalten 7, 8 herzustellen, wird erfindungsgemäß zunächst ein Meistermodell des Kiefers angefertigt, in dem der Zahnersatz eingesetzt werden soll. Das Meistermodell zeigt die Situation des Patienten im Mund, also positiv, das aus einem der Negativform entsprechenden Abdruck gewonnen wird. Auf dem Meistermodell modelliert der Zahntechniker mit seinen handwerklichen Fähigkeiten ein Modell des herzustellenden Grundgerüsts des Zahnersatzes in Wachs sowie bei niedriger Temperatur schmelzenden und polymerisierend aushärtendem Kunststoff, um ein Positivmodell zu gewinnen. Dieses Positivmodell wird digitalisiert, wobei bekannte optische oder mechanische Verfahren zur Anwendung gelangen können. Gleichzeitig wird durch Eingeben von Offsetwerten ein Spalt zwischen späterem Zahnersatz und Zahnstumpf generiert, um die gewünschte Passgenauigkeit zu erzielen. Dabei ist die Spaltbreite achsenabhängig, d.h. insbesondere in Z-Richtung erfolgt eine Verzerrung, wohingegen im unteren Randbereich ein geringes Spaltmaß, das bis 0 gehen kann, gewählt wird.

Unabhängig hiervon wird die Dimensionierung des herzustellenden Grundgerüsts bzw. Zahnersatzes derart ausgelegt, dass bei üblicher Belastung maximal auftretende Zugspannung in etwa 0,1 – 0,7-faches der Zugfestigkeit des verwendeten Materials entspricht. Als Materialien kommen zum Beispiel Al_2O_3 , Zirkonoxid-Mischkristalle ($\text{ZrO}_2/\text{Y-TZP}$), MgO , Y_2O_3 oder TiO_2 in Frage, um nur beispielhaft einige Keramiken zu nennen.

Bei der Verwendung von zum Beispiel Al_2O_3 ist darauf zu achten, dass die maximale Zugspannung nicht 245 N/mm^2 übersteigt. Üblicherweise reicht jedoch eine Materialauslegung auf eine maximale Zugspannung von 175 N/mm^2 aus.

Bei der Herstellung des Zahnersatzes 5 mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der Offsetwert, mit dem die Innenfläche 9 des Oberflächenmodells zur Bildung Zementspaltes 7, 8 zwischen späterem Zahnersatz 5 und Zahnstumpf 1, 2 beaufschlagt wird, entweder vom Bediener interaktiv eingestellt oder durch die Programmierung fest vorgegeben sein.

Geringste Spaltmaße im Bereich der Grenzfläche von Zahnersatz 5 und Zahnstumpf 1, 2 und damit eine besonders gute Resistenz gegen späteren Kariesbefall lässt sich erhalten, wenn der Spalt von einem kleinen Wert am Rand 10 der durch die Innenfläche 9 des Positivmodells definierten Kavität zu einem größeren Wert in der Spitze 11 der Kavität unterschiedlich ist, insbesondere, wenn der Spalt am Rand 10 der Kavität kleiner als $5 \mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner als $2,8 \mu\text{m}$ ist, besonders vorzugsweise nicht mehr als $1,5 \mu\text{m}$ beträgt.

Um eine Bildung von Hohlräumen zwischen Zahnersatz 5 und Zahnstumpf 1,2 zu vermeiden, von dem aus in der Regel ein weiterer Kariesbefall des Zahnstumpfes 1, 2 und damit in der Regel eine Zerstörung des Pfeilerzahnes einer Brücke 5 zu erwarten ist, ist es vorteilhaft, ferner eine Prüfung der Daten der Innenfläche 9 des Positivmodells auf Hinterschnitte anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells durchzuführen, da Hinterschnitte entweder dazu führen, dass der Zahnersatz nicht auf den Stumpf 1, 2 gesteckt werden kann, oder sich ein Hohlraum bildet.

Für eine besonders hohe Sicherheit gegen Bruch des Zahnersatzes 5 bei späterer Benutzung durch den Patienten erfolgt ferner ein Berechnen der Wandstärke des Datenmodells durch Vergleichen der Daten der Innenfläche 9 des Positivmodells mit den Daten der Außenfläche 12 des Positivmodells und Vergleichen des Wertes der Wandstärke mit einem Wandstärkenmindestwert, der entweder durch eine Eingabe des Zahnarztes oder Zahntechnikers bestimmt oder durch die Programmierung fest voreingestellt sein kann. Bei Verwendung von Zirkonoxidkeramik ist es zweckmäßig, wenn der Wandstärkenmindestwert vorzugsweise etwa 0,1 mm bis 0,3 mm beträgt.

Für die Erstellung besonders stabiler und dauerhafter Brücken 5 erfolgt vorzugsweise ein Berechnen des Materialquerschnittes bei Brückengliedern im Bereich 13, 14 zwischen zwei durch Zahnstümpfe 1, 2 gebildeten Pfeilern und Vergleichen des Querschnittes mit einem Mindestwert, der entweder vom Bediener interaktiv eingestellt oder durch die Programmierung fest vorgegeben sein kann, und Korrektur der Daten der Außenseite 12 des Positivmodells so, dass zumindest der Mindestwert erhalten wird, der vorzugsweise bei yttriumoxidverstärkter Zirkonoxidkeramik etwa 2 mm^2 bis 7 mm^2 beträgt.

Patentansprüche

Herstellung von Zahnersatz aus einem dreidimensional vermessenen und digitalisierten Positivmodell

1. Verfahren zur Herstellung von auf einem Zahnstumpf (1; 2) zu befestigenden Zahnersatz (5) aus einem dreidimensional vermessenen und digitalisierten Positivmodell, das folgende Schritte umfasst:
 - Einlesen der Daten des digitalisierten Positivmodells;
 - Beaufschlagen der Innenfläche (9) des Positivmodells mit einem vorgegebenen Offsetwert zur Bildung eines Spaltes (7, 8) zwischen späterem Zahnersatz (5) und Zahnstumpf (1, 2) und
 - Berechnung eines Programms für eine Bearbeitung eines Rohlings durch eine Werkzeugmaschine zur Herstellung des Zahnersatzes,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass als Material für den Zahnersatz (5) ein solches verwendet wird, das bei üblicher Benutzung des Zahnersatzes maximal auftretende Zugspannung in etwa 0,1 – 0,7-faches der Zugfestigkeit des verwendeten Materials entspricht.
2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass der Zahnersatz derart gefertigt wird, dass die maximal auftretende Zugspannung in dem Zahnersatz \leq 0,5-fachem, insbesondere 0,2 – 0,5-fachem der Zugfestigkeit des verwendeten Materials entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Verfahrensschritt:
Berechnen der Wandstärke des Datenmodells durch Vergleichen der Daten von Innenfläche (9) des Positivmodells mit den Daten der Außenfläche (12) des Positivmodells und Vergleichen des Wertes der Wandstärke mit einem Wandstärkenmindestwert, Korrektur der Daten der Außenseite (12) des Positivmodells so, dass zumindest der Wandstärkenmindestwert erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Wandstärkenmindestwert zumindest etwa 0,05 mm, vorzugsweise in etwa 0,05 mm – 1,0 mm, insbesondere 0,1 mm – 0,8 mm beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Wandstärkenmindestwert zumindest 0,3 mm beträgt.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Berechnen des Materialquerschnittes bei Brückengliedern im Bereich (13, 14) zwischen zwei durch Zahnstümpfe (1, 2) gebildeten Pfeilern, Vergleichen des Querschnittes mit einem Mindestwert, Korrektur der Daten der Außenseite (12) des Positivmodells so, dass zumindest der Mindestwert erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Mindestwert des Querschnitts zumindest etwa 2 mm², vorzugsweise in etwa 2 mm² – 7 mm² beträgt.

8. Verfahren nach zumindest Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Mindeswert des Querschnitts zumindest 7 mm² beträgt.
9. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Offsetwert achsenabhängig vorgegeben wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Offsetwert bis zu 150 µm beträgt.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Offsetwert am Rand der Kavität in etwa ≤ 5 µm, vorzugsweise in etwa $\leq 2,8$ µm ist, insbesondere $\leq 1,5$ µm beträgt.
12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Durchführen einer Plausibilitätsprüfung der Daten anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells und gegebenenfalls Ausgabe einer Warnung.
13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Ersatz, vorzugsweise einzelner, fehlender Datenpunkte oder von nicht plausiblen Datenpunkten durch interpolierte Werte anhand der Daten benachbarter Bereiche des Positivmodells.

14. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Durchführen einer Prüfung der Daten der Innenfläche (9) des Positivmodells auf
Hinterschnitte anhand der Daten benachbarter Bereiche und gegebenenfalls
Ausgabe einer Warnung.
15. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Glätten der äußeren und/oder Oberfläche (12) des Datenmodells mittels einer
Glättungsfunktion.
16. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Berechnen der Radien der Innenfläche des Oberflächenmodells, Vergleichen der
Werte der Radien mit einem Mindestradius, Korrektur der Daten der Innenfläche
des Positivmodells so, dass die Kavität so weit vergrößert ist, dass zumindest der
Mindestradius erhalten wird und/oder Ausgabe einer Warnung.
17. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Beaufschlagen des Positivmodells mit einem vorgegebenen Offsetwert zur
Anpassung an die Werkzeugkontur bei der nachfolgenden Bearbeitung.
18. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Beaufschlagen der Daten des Positivmodells mit einem Vergrößerungsfaktor zur
Kompensation von Schrumpfung oder Quellung des Materials für den
Zahnersatz bei der Fertigung.
19. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Vergrößerungsfaktor über das Oberflächenmodell anisotrop und/oder
nichtlinear ist.

20. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Vergrößerungsfaktor über das Oberflächenmodell durch eine dreidimensionale Transferfunktion $f(x, y, z)$ bestimmt ist.
21. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die dreidimensionale Transferfunktion $f(x, y, z)$ bestimmt wird durch die dreidimensionale Dichteverteilung $F(x, y, z)$ eines Keramikrohling.
22. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h,
Einlesen der einem zu bearbeitenden Rohling zugeordneten Transferfunktion $f(x, y, z)$ oder Dichteverteilung $F(x, y, z)$ von einem Datenträger.
23. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Datenträger ein Barcodeetikett, ein Transponderetikett oder eine Datenbank ist, auf die über ein an oder bei dem Rohling angebrachten Identifikationsmittel zugegriffen werden kann.
24. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Vergleichen der Radien der Außen- und/oder Innenflächen des Positivmodells mit einem Mindesradius von zumindest etwa 0,1 mm, vorzugsweise etwa 0,2 mm, insbesondere 0,3 mm,
Korrektur der Daten der Außen- und/oder Innenfläche des Positivmodells auf den Mindestradius und/oder die Ausgabe einer Warnung.

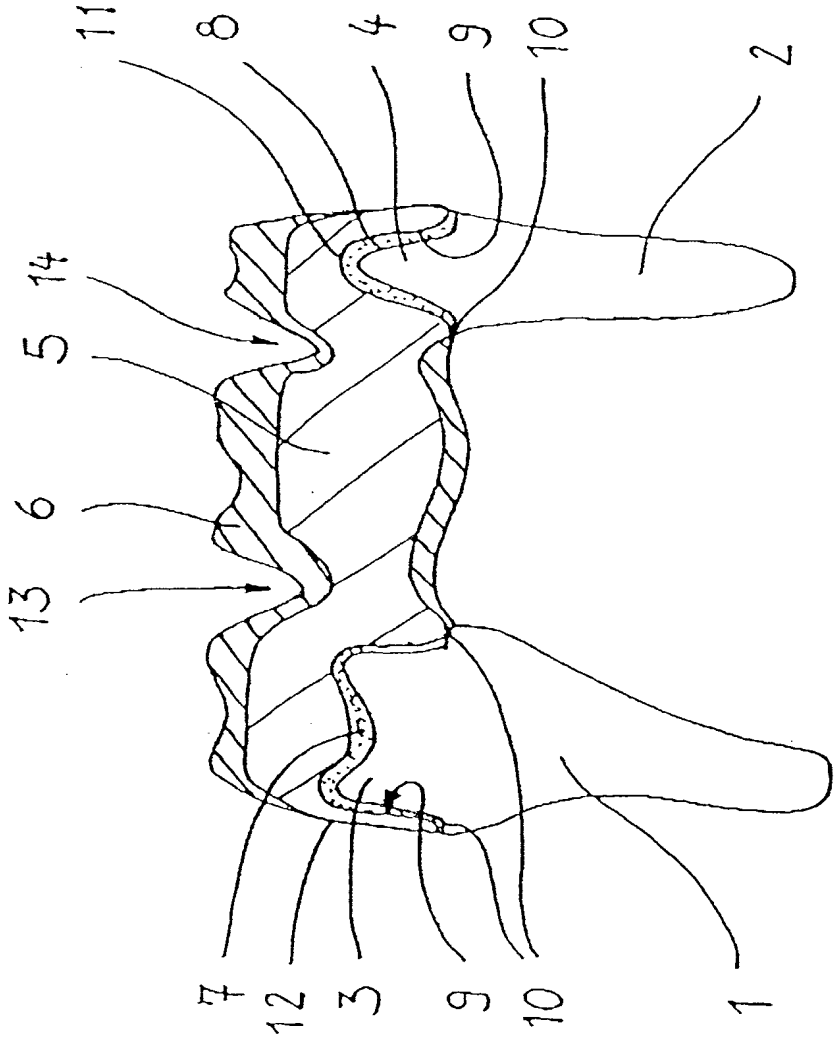


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int  al Application No

PCT/EP 02/07282

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61C13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99 47065 A (FILSER FRANK ; GAUCKLER LUDWIG (CH); KOCHER PETER (CH); LUETHY HEIN) 23 September 1999 (1999-09-23) cited in the application the whole document -----	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the International filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2002

Date of mailing of the international search report

17/10/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanrunxt, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/07282

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9947065	A	23-09-1999	EP 0943295 A1	22-09-1999
			EP 0943296 A1	22-09-1999
			AU 3244199 A	11-10-1999
			BR 9908852 A	21-11-2000
			CA 2322761 A1	23-09-1999
			WO 9947065 A1	23-09-1999
			CN 1293552 T	02-05-2001
			EP 1067880 A1	17-01-2001
			JP 2002506674 T	05-03-2002
			NO 20004574 A	13-09-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen

PCT/EP 02/07282

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61C13/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 99 47065 A (FILSER FRANK ; GAUCKLER LUDWIG (CH); KOCHER PETER (CH); LUETHY HEIN) 23. September 1999 (1999-09-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Oktober 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vanrunxt, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/07282

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9947065	A	23-09-1999	EP 0943295 A1 22-09-1999
			EP 0943296 A1 22-09-1999
			AU 3244199 A 11-10-1999
			BR 9908852 A 21-11-2000
			CA 2322761 A1 23-09-1999
			WO 9947065 A1 23-09-1999
			CN 1293552 T 02-05-2001
			EP 1067880 A1 17-01-2001
			JP 2002506674 T 05-03-2002
			NO 20004574 A 13-09-2000